

制度的要因を考慮したグラビティ・モデルの理論的背景

The Theoretical Background of the Gravity Model Considering Institutional Factors

渡 邊 正*
WATANABE Tadashi

理論的根拠をもつグラビティ・モデルにおいて、近年最も基本的なものになっているのが、Anderson and Wincoop (2003) のモデルである。このモデルは、制度的要因が貿易に与える効果の分析においてしばしば使われてきた。このような中、Álvarez et al. (2018) は Anderson and Wincoop (2003) とは一線を画すグラビティ・モデルを用いて、制度的要因が貿易に与える効果を分析した。Álvarez et al. (2018) が用いた新しい変数と推計手法は、注目に値する。

本研究の目的は、Anderson and Wincoop (2003) と Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデルを比較し、Álvarez et al. (2018) の貢献を明らかにすることである。また、制度的要因が国際貿易に与える効果の分析において、両モデルがどのように応用されているか確認する。

Anderson and Wincoop (2003) の貢献は、グラビティ・モデルにおいて、多角的貿易抵抗を考慮する必要があることを明らかにしたことである。一方、Álvarez et al. (2018) の貢献は、輸出国の労働競争力、輸入国の価格指数、輸入国の所得といった新しい説明変数が入ったグラビティ・モデルを導出し、それらの説明変数が統計的に有意であることを示した点にある。制度的要因が貿易に与える効果の分析において、Anderson and Wincoop (2003) のモデルを用いる場合には、制度的要因に関する説明変数を追加するとともに、輸出国ダミーと輸入国ダミーを入れて多角的貿易抵抗をコントロールすることが多い。これに対して、Álvarez et al. (2018) のモデルを使う場合には、新しい説明変数の係数の値を見る必要があるため、輸出国ダミーのみを入れる。内向的多角的貿易抵抗については、GVA デフレーターでコントロールする。また、Álvarez et al. (2018) は、制度の質と新しい説明変数が輸出フローに与える効果の強さを比較し、制度の質が与える効果の強さが部門に応じて異なってくることを明らかにした。この点において、新しい説明変数をグラビティ・モデルに追加した意義を見出すことができる。

キーワード：グラビティ・モデル，部門，多角的貿易抵抗，労働競争力，制度的要因

Key words : gravity model, sectors, multilateral resistance, labour competitiveness, institutional factors

はじめに

理論的根拠をもつグラビティ・モデル (gravity model) において、近年最も基本的とされているのが、Anderson and Wincoop (2003) のモデルである。Anderson and Wincoop (2003) は、グラビティ推計において、多角的貿易抵抗 (multilateral resistance) を考慮する必要があることを明らかにした。この貢献が大きいことから、彼らのモデルが最も基本的とされるに至ったと考えられる。制度的要因が国際貿易に与える効果の分析においても、彼らのモデルがしばしば用いられてきた。制度的要因とは、世界銀行研究所が開発した「世界ガバナンス指標 (Worldwide Governance Indicators: WGI)」を指す¹。このような中、この研究領域において、Álvarez et al. (2018) は Anderson and Wincoop (2003) のモデルに新しい変数を追加し、一線を画すグラビティ・モデルを提示した。Álvarez et al. (2018) が用いた新しい変数と推計手法は、注目に値する。

本研究の目的は、Anderson and Wincoop (2003) と Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデルを比較し、Álvarez et al. (2018) の貢献を明らかにすることである。また、制度的要因が貿易に与える効果の分析において、両モデルがどのように応用されているか確認する。

本研究の構成は、次の通りである。第1節では、Anderson and Wincoop (2003) のグラビティ・モデルを概観し、彼らの貢献を明らかにする。第2節では、Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデルの導出について、検討する。第3節では、Anderson and Wincoop (2003) と Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデルを比較し、Álvarez et al. (2018) の貢献を明らかにする。また、制度的要因が貿易に与える効果の分析において、グラビティ・モデルがどのように応用されているか確認する。そして、「おわりに」で本研究の結論を提示する。

* 兵庫教育大学大学院教育実践高度化専攻社会系教科マネジメントコース 准教授

令和4年10月20日受理

第1節 Anderson and Wincoop (2003) のグラビティ・モデル

グラビティ・モデルは、貿易政策の効果や貿易コストに関する実証分析において、長年にわたり使用されてきた。グラビティ・モデルが用いられてきたのは、使い勝手がよいことや説明力が高いことに加えて、研究の蓄積により、グラビティ・モデル自体が発達し精度が高まっているためであると考えられる²。かつてグラビティ・モデルには理論的根拠がないという批判が存在したが、Anderson (1979) が契機となってグラビティ・モデルの理論的根拠に関する研究が進展した³。今日においては様々な国際貿易理論からグラビティ・モデルを導出できることが知られている。そして、理論的根拠をもつグラビティ・モデルにおいて、近年最も基本的なものになっているのが、Anderson and Wincoop (2003) のグラビティ・モデルである⁴。本節では、次節以降の準備を兼ねて、彼らのグラビティ・モデルを概観するとともに、制度的要因が貿易に与える効果の分析において、そのモデルがどのように応用されているか確認する。

Anderson and Wincoop (2003) のグラビティ・モデルは、クルーグマンの独占的競争をベースにしたものである。導出の最後には、一国の輸出総額が導き出されてグラビティ・モデルになる。彼らのグラビティ・モデルは

$$X_{ij} = \frac{Y_i E_j}{Y} \left(\frac{\tau_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{1-\sigma} \quad (1.1)$$

と表される⁵。ここで、 X_{ij} は*i*国から*j*国への輸出、 Y_i は*i*国のGDP、 E_j は*j*国の支出、 Y は全世界のGDP、 σ は財の種類間の代替の弾力性、 τ_{ij} は二国間の貿易費用、 Π_i は外向的多角的貿易抵抗 (outward multilateral resistance)、 P_j は内向的多角的貿易抵抗 (inward multilateral resistance) である。 Π_i と P_j はそれぞれ

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^c \left\{ \frac{\tau_{ij}}{P_j} \right\}^{1-\sigma} \frac{E_j}{Y} \quad (1.2)$$

$$P_j = \sum_{i=1}^c \left\{ \frac{\tau_{ij}}{\Pi_i} \right\}^{1-\sigma} \frac{Y_i}{Y} \quad (1.3)$$

で与えられる。(1.1) 式の両辺の対数をとると

$$\ln X_{ij} = \ln Y_i + \ln E_j - \ln Y + (1 - \sigma) [\ln \tau_{ij} - \ln \Pi_i - \ln P_j] \quad (1.4)$$

を得る。

Anderson and Wincoop (2003) の貢献は、グラビティ・モデルにおいて、外向的多角的貿易抵抗と内向的多角的貿易抵抗を考慮する必要があることを明らかにしたことである。外向的多角的貿易抵抗は、*i*国から*j*国への輸出が、可能性のあるすべての輸出市場の貿易費用に依存していることを捉えようとするものであり、内向的多角的貿易抵抗は、*i*国から*j*国への輸入が、可能性のあるす

べての供給者の貿易費用に依存していることを捉えようとするものである⁶。Anderson and Wincoop (2003) によると、*i*国と*j*国の二国間の貿易障壁を所与とすれば、*j*国と*j*国の貿易相手国 (*i*国を除く) 間の貿易障壁が高まった場合、*i*国の財の相対価格が下がり、*i*国から*j*国への輸入が増える。つまり、*i*国と*j*国の二国間貿易は、2つの貿易障壁が比較されて決まる。このことは、Shepherd (2016) が指摘するように、1つの二国間貿易ルート of 貿易費用の変化は、相対価格の変化を通じて、他の全貿易ルートの貿易フローに影響を及ぼしうることを意味する。したがって、多角的貿易抵抗を考慮しないグラビティ推計では、欠落変数バイアス (omitted variable bias) の問題が生じる⁷。多角的貿易抵抗を考慮してグラビティ・モデルを使う必要があるといえる。

制度的要因が貿易に与える効果の分析において、(1.4) 式をベースにしたグラビティ・モデルがしばしば用いられてきた。具体的には、制度的要因に関する説明変数(ダミー変数)を(1.4)式に追加するとともに、輸出国ダミーと輸入国ダミーを入れて多角的貿易抵抗をコントロールするという推計手法である⁸。このような推計手法が支配的になりつつある中、この研究領域において、一線を画すグラビティ・モデルを提示したのがÁlvarez et al. (2018) の研究である。

第2節 Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデル

Álvarez et al. (2018) は、Behrens and Ottaviano (2009) と Barbero et al. (2015) の一般均衡貿易モデルを拡張し、グラビティ・モデルを導出した。彼らのモデルは、Anderson and Wincoop (2003) と同様に、クルーグマンの独占的競争をベースにしたものであり、多様性選好 (love-for-variety)、企業レベルにおける規模の経済、氷塊型輸送費用 (iceberg transport cost) が想定されている。彼らのモデルの特徴は、部門を明示していることおよびいくつかの新しい説明変数を含むところにある⁹。本節では、Álvarez et al. (2018) のグラビティ・モデルの導出について、検討することにしよう。

2.1 効用最大化と CES 需要関数

*i*国で生産された財が*j*国へ輸出される状況を想定し、論議を展開する。*j*国における代表的消費者は、*s*部門の差別化された財の全種類から効用を得られると仮定する。代表的消費者の(上位層の)効用関数は

$$U_j = \prod_s D_{sj}^{\mu_{sj}} \quad (2.1)$$

で表されるとする。 D_{sj} は、*s*部門の差別化された財の*j*国における総消費量である。 μ_{sj} は*j*国の消費者が各部門*s*で支出した所得の割合を示す。よって、 $0 < \mu_{sj} < 1$ で

ある。そして、下位層の効用関数 D_{sj} は

$$D_{sj} = \left[\sum_i \int_{\Omega_{si}} d_{sij}(\omega)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (2.2)$$

で表されるとする。 $d_{sij}(\omega)$ は、 i 国で生産された s 部門の種類 ω が j 国の消費者によって消費された量を示している。 Ω_{si} は i 国で生産された s 部門の種類 ω の集合、 σ は異なる種類間の代替の弾力性である($\sigma > 1$)。さらに、 i 国で生産され、 j 国で消費される s 部門の種類 ω の価格を $p_{sij}(\omega)$ 、 w_j を代表的消費者の賃金率とする。この場合、代表的消費者の予算制約線は

$$\sum_s \sum_i \int_{\Omega_{si}} p_{sij}(\omega) d_{sij}(\omega) d\omega = w_j \quad (2.3)$$

となる。(2.3)式は、全部門および全種類の財について、価格と数量の積を集計したものが、代表的消費者の賃金率(所得)に等しくなることを意味する。(2.3)式を予算制約とし、(2.1)式の効用関数を最大化する。この制約条件付き最適化問題を解くと、 i 国で生産された各種類 ω に関する j 国の需要関数

$$d_{sij}(\omega) = \frac{p_{sij}(\omega)^{-\sigma}}{P_{sj}^{1-\sigma}} \mu_{sj} w_j L_j \quad (2.4)$$

を得る。ここで、 L_j は j 国における労働者(消費者)数、 P_{sj} は j 国の s 部門における価格指数をそれぞれ表している。 P_{sj} は

$$P_{sj} = \left[\sum_i \int_{\Omega_{si}} p_{sij}(\omega)^{1-\sigma} d\omega \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2.5)$$

と定義されるとする。

2.2 供給—独占的競争

多様性選好の仮定により、消費者は多くの種類の財を消費できると効用が増える。これを受けて、各企業は独自の1種類の財を生産する。他企業と同じ財を生産すると、競争によって利潤が減ってしまうからである。結果として、企業数と財の種類が一致する。企業は生産要素として労働のみを用いると仮定する。各種類の財を生産するには、生産量とは関係なく固定的な労働量 F_i 、1単位増産するために一定の労働量 c_i が必要であるとする¹⁰。固定費用(固定的な労働量)を入れると、生産量の増加とともに平均費用が下がる。つまり、企業レベルにおける規模の経済が働く。ここで、氷塊型輸送費用を考慮すると、 s 部門において i 国から j 国へ輸出される量は $\tau_{sij} d_{sij}$ になる($\tau_{sij} \geq 1$)。 $\tau_{sij} - 1$ が輸送中に溶けてしまう結果、 j 国に1単位の財が届くのである。以上のことをふまえると、労働需要関数は

$$l_{si} = F_i + c_i \sum_j \tau_{sij} d_{sij} \quad (2.6)$$

で与えられる。 i 国における s 部門の企業は、(2.4)式を制約条件とし、利潤 π_{si} を最大化する。利潤 π_{si} は

$$\pi_{si} = \sum_j p_{sij} d_{sij} - (F_i + c_i \sum_j \tau_{sij} d_{sij}) w_i \quad (2.7)$$

と表される。独占的競争市場において、企業の市場への参入・退出は自由である。したがって、長期均衡では利潤がゼロになる。なぜなら、利潤が発生する限り、参入が続くからである。この利潤最大化問題を解くと

$$p_{sij} = \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} \right) c_i w_i \tau_{sij} \quad (2.8)$$

を得る。すなわち、均衡価格は、費用 $c_i w_i \tau_{sij}$ に一定のマークアップ $\left(\frac{\sigma}{\sigma-1} \right)$ を上乗せする形になる。

2.3 グラビティ・モデル

i 国から j 国へ輸出する s 部門の企業数を n_{si} とすると、 s 部門の輸出フローは

$$\begin{aligned} x_{sij} &= n_{si} p_{sij} d_{sij} \\ &= n_{si} \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma-1} \right) c_i w_i \right]^{1-\sigma} (\tau_{sij})^{1-\sigma} \left[(P_{sj})^{\sigma-1} \mu_{sj} w_j L_j \right] \end{aligned} \quad (2.9)$$

と表される。(2.9)式が、Álvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルである。両辺の対数をとると

$$\begin{aligned} \ln x_{sij} &= \ln n_{si} + (1-\sigma) \ln \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} \right) + (1-\sigma) \ln(c_i w_i) + \\ &\quad (1-\sigma) \ln \tau_{sij} + (\sigma-1) \ln P_{sj} + \ln(\mu_{sj} w_j L_j) \end{aligned} \quad (2.10)$$

を得る。なお、(2.10)式に制度的要因が明示されていないのは、Álvarez et al. (2018)が制度的要因を貿易費用 τ_{sij} の1つの要素と捉えているからである。

第3節 モデルの比較と考察

本節では、Anderson and Wincoop (2003)とÁlvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルの比較を通じて、Álvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルの貢献と意義を明らかにする。(2.10)式が示すように、Álvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルにおいて、輸出国の労働競争力($c_i w_i$)¹¹、輸入国の価格指数(P_{sj})および輸入国の所得($\mu_{sj} w_j L_j$)¹²、が二国間の輸出フローに影響を及ぼす¹³。彼らは、これらを新しい説明変数とし、部門を3つ(農業部門、製造業部門¹⁴、サービス業部門)に分けてグラビティ推計を行った。ただし、Anderson and Wincoop (2003)のグラビティ・モデルの中に、輸入国の価格指数および輸入国の所得に相当するものが存在するため、これらの説明変数が新しいといえるかは定かでない。グラビティ推計において、輸出国の労働競争力については1人当たりGVA(Gross Value Added)、輸入国の価格指数についてはGVAデフレーター、輸入国の所得についてはGVAを代理変数として使用している。GVAデフレーターで内向的多角的貿易抵抗をコントロールし、外向的多角的貿易抵抗については輸出国ダ

ミーで対処している¹⁵。サービス業部門において、輸入国の価格指数が統計的に有意でない場合が若干あるものの、新しい説明変数の大半が統計的に有意であり、1人当たりGVAとGVAは正、GVAデフレーターは負の効果をそれぞれ有するとしている。これまでの論議を整理すると、Álvarez et al. (2018)の貢献は、新しい説明変数が入ったグラビティ・モデルを導出し、それらの説明変数が統計的に有意であることを示した点にあるといえる。特に、輸出国の労働生産性と賃金率（労働競争力）は注目に値する。

また、Álvarez et al. (2018)は、新しい説明変数の影響をコントロールし、制度の質（institutional quality）が二国間の輸出フローに正の影響をもたらすことを示した¹⁶。制度の質が二国間の輸出フローに及ぼす影響は、新しい説明変数の影響よりも小さい。唯一の例外は農業部門であり、制度の質の影響が他部門の場合と比べて劇的に大きくなる¹⁷。その結果、農業部門において、制度の質の影響が新しい説明変数の影響よりも小さいとはいえなくなる。すなわち、Álvarez et al. (2018)は、制度の質と新しい説明変数が輸出フローに与える効果の強さを比較し、制度の質が与える効果の強さが部門に応じて異なってくることを示した。この点において、新しい説明変数をグラビティ・モデルに追加した意義を見出すことができる。

おわりに

本研究では、Anderson and Wincoop (2003)とÁlvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルを概観するとともに比較し、両モデルの貢献を明らかにした。併せて、制度的要因が貿易に与える効果の分析において、グラビティ・モデルがどのように応用されているかを確認した。Anderson and Wincoop (2003)の貢献は、グラビティ・モデルにおいて、多角的貿易抵抗を考慮する必要があることを明らかにしたことである。一方、Álvarez et al. (2018)の貢献は、輸出国の労働競争力（ $c_i w_i$ ）、輸入国の価格指数（ P_{sj} ）、輸入国の所得（ $\mu_{sj} w_j L_j$ ）といった新しい説明変数が入った部門グラビティ・モデルを導出し、それらの説明変数が統計的に有意であることを示した点にある。制度的要因が貿易に与える効果の分析において、Anderson and Wincoop (2003)のモデルを用いる場合には、制度的要因に関する説明変数（ダミー変数）を追加するとともに、輸出国ダミーと輸入国ダミーを入れて多角的貿易抵抗をコントロールすることが多い。これに対して、Álvarez et al. (2018)のモデルを使う場合には、新しい説明変数の係数の値を見る必要があるため、輸出国ダミーのみを入れる。内向的多角的貿易抵抗については、GVAデフレーターでコントロールする。また、Álvarez et al. (2018)は、制度の質と新し

い説明変数が輸出フローに与える効果の強さを比較し、制度の質が与える効果の強さが部門に応じて異なってくることを明らかにした。この点において、新しい説明変数の意義を見出すことができる。実証分析において、Álvarez et al. (2018)のグラビティ・モデルのさらなる活用が期待される。

〈註〉

- 1 WGIの詳細については、Kaufmann et al. (2010)を参照してもらいたい。
- 2 Shahriar et al. (2019)は、グラビティ・モデルに関する理論研究がどのように進展してきたかについて論じている。
- 3 横田 (2012)を参考にした。横田 (2012)は、グラビティ・モデルの理論的根拠に関する研究を丁寧に整理している。
- 4 Shepherd (2016)や友原 (2018)は、Anderson and Wincoop (2003)のグラビティ・モデルの数式展開を丁寧に説明している。
- 5 全ての文字に部門を示す添え字をつけて、部門毎のグラビティ・モデルを構築することもできる。この場合、グラビティ推計では部門の生産や支出のデータを使用する。
- 6 Shepherd (2016)と友原 (2018)を参照した。
- 7 横田 (2012)は、理論的根拠がないグラビティ推計の問題として、欠落変数バイアス、同時性バイアス (simultaneity bias)、観測誤差バイアス (measurement error bias)を論じている。
- 8 このような推計手法を用いた研究には、Möhlmann et al. (2010)、Miura and Takechi (2014)、Liu et al. (2020)などがある。
- 9 Arkolakis et al. (2012)、Costinot and Rodríguez-Clare (2014)、友原 (2018)は、多部門グラビティ・モデルおよび中間財貿易や複数生産要素を導入したグラビティ・モデルを分析している。
- 10 以下では、表記の簡略化のため、種類 ω を省略する。
- 11 Álvarez et al. (2018)のlabour competitivenessを労働競争力とした。 $c_i w_i$ が示す通り、この労働競争力は労働生産性と賃金率に依存する。
- 12 $\mu_{sj} w_j L_j$ については、s部門の市場規模と見ることができる。
- 13 企業数 n_{si} も二国間の輸出フローに影響を与えるが、Álvarez et al. (2018)は企業数 n_{si} の効果を輸出国ダミーで分析しているため、除外した。なお、輸入国ダミーは入っていない。
- 14 ここではindustry sectorを製造業部門とした。
- 15 新しい説明変数の係数の値を見る必要があるため、輸入国ダミーを入れていないと考えられる。

- 16 Álvarez et al. (2018) は、WGI の数値や数値の差を推計式に導入し実証分析を行った。それらのことを制度の質と呼んでいる。
- 17 その理由として、Álvarez et al. (2018) は、現地の制度が脆弱であるために天然資源の管理が不十分である場合、天然資源の採取は汚職や紛争を頻繁に招くことをあげている。

〈参考文献〉

- Álvarez, I. C., Barbero, J., Rodríguez-Pose, A., & Zofio, J. L. (2018) . Does institutional quality matter for trade? Institutional conditions in a sectoral trade framework. *World Development*, 103, 72-87.
- Anderson, James E.. (1979) A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *The American Economic Review*, 69 (1) , 106-116
- Anderson, J. E., & van Wincoop, E. (2003) . Gravity with gravitas: A solution to the border puzzle. *American Economic Review*, 93 (1) , 170-192.
- Arkolakis, C., Costinot, A., Rodríguez-Clare, A., (2012) . New trade models, same old gains? *American Economic Review* 102 (1) , 94-130.
- Barbero, J., Behrens, K. and Zofio, J.L. (2015) . Industry location and wages: the role of market size and accessibility in trading networks, CEPR Discussion Papers 10411, Centre for Economic Policy Research, London, England.
- Behrens, K. and Ottaviano, G. (2009) . *General equilibrium trade theory and firm behavior*. In *Palgrave Handbook of International Trade*.
- Costinot, A. and A. Rodríguez-Clare, (2014) “Trade theory with numbers: quantifying the consequences of globalization, in: Gopinath, G., Helpman, E., Rogoff, K. (Eds.) , *Handbook of International Economics* Volume 4. Elsevier B.V., Amsterdam, 197-261.
- Kaufmann, D., Kraay, A. and Mastruzzi, M. (2010) . The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues. World Bank Policy Research Working Paper No. 5430.
- Liu, A., Lu, C., Wang, Z. (2020) . The roles of cultural and institutional distance on international trade: Evidence from China's trade with the Belt and Road countries, *China Economic Review*, 61.
- Möhlmann, L.Yan, Sjef Ederveen, Henri L.F.De Groot and Gert-Jan M.Linders. (2010) “Intangible Barriers to International Trade: a Sectoral Approach.” *The Gravity Model in International Trade, Advances and Applications*, edited by Peter A.G. van Bergeijk and Steven Brackman, New York: Cambridge University Press, 224-254.
- Miura,K., Takechi,K. (2014) . Institutional quality and homogeneity, and types of international transactions, *Journal of International Economic Studies* 28:3-15.
- Shahriar, S., Qian, L., Kea, S. and Abdullahi, N.M. (2019) . The gravity model of trade: a theoretical perspective, *Review of Innovation and Competitiveness: A Journal of Economic and Social Research*, Vol. 5 No. 1, 21-42.
- Shepherd, Ben, (2016) *The Gravity Model of International Trade: a User Guide* (An updated version) , Thailand: United Nations.
- 友原章典 (2018) 『理論と実証から学ぶ新しい国際経済学』 ミネルヴァ書房。
- 横田一彦 (2012) 「重力方程式は何を推計しているのか」、浦田秀次郎・栗田匡相編著『テキストブックアジア地域経済統合』 勁草書房、pp.67-86。

